

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11) Publication number: **10194137 A**

(43) Date of publication of application: 28 . 07 . 98

(51) Int. Cl.

B62D 5/04

(21) Application number: 09000990

(22) Date of filing: 07 . 01 . 97

(71) Applicant: **HONDA MOTOR CO LTD**

(72) Inventor: SUGITANI NOBUO
KUROSAWA TAKAO
HIRONAKA SHINJI

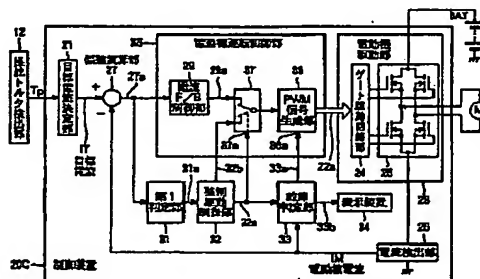
(54) MOTOR-DRIVEN POWER STEERING DEVICE

COPYRIGHT: (C)1998.JPO

(57) Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To detect abnormality in the operation of a current detecting part for detecting motor-current even during the travelling of a vehicle.

SOLUTION: When a state where the deviation 27a of a target current I_T from a motor-current I_M detected by a current detecting part 26 exceeds a threshold value, is continued for a specified time, the first judging part 31 outputs a first judging signal 31a. A forced driving control part 32 supplies a forced driving control signal 32b to a PWM signal generating part 36 through a switching part 37 to forcibly change the current supplied to an electric motor. When the fact that the motor-current is forcibly changed, is detected by a forced driving periodic signal 32a, and when the current I_M detected at that time is not changed and the amount of the change is small to the extent that it can be judged to be detected current abnormality, a failure judging part 33 supplies a stopping command 33a to the PWM signal generating part 36 to stop the operation of the electric motor 10, and displays the abnormality on a display device 34.



(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 特 許 公 報 (B 2)

(11) 特許番号

特許第3063893号
(P3063893)

(45) 発行日 平成12年 7 月12日 (2000. 7. 12)

(24) 登録日 平成12年 5 月12日 (2000. 5. 12)

(51) Int.Cl.

識別記号

F I

B 6 2 D 5/04

B 6 2 D 5/04

6/00

6/00

// B 6 2 D 119:00

請求項の数 3 (全 16 頁)

(21) 出願番号 特願平9-990

(22) 出願日 平成 9 年 1 月 7 日 (1997. 1. 7)

(65) 公開番号 特開平10-194137

(43) 公開日 平成10年 7 月28日 (1998. 7. 28)

審査請求日 平成 9 年 9 月22日 (1997. 9. 22)

(73) 特許権者 000005326

本田技研工業株式会社

東京都港区南青山二丁目 1 番 1 号

(72) 発明者 杉谷 伸夫

埼玉県和光市中央 1 丁目 4 番 1 号 株式

会社本田技術研究所内

(72) 発明者 黒澤 孝夫

埼玉県和光市中央 1 丁目 4 番 1 号 株式

会社本田技術研究所内

(72) 発明者 広中 慎司

埼玉県和光市中央 1 丁目 4 番 1 号 株式

会社本田技術研究所内

(74) 代理人 100067356

弁理士 下田 容一郎

審査官 西本 浩司

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 電動パワーステアリング装置

1

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】 ステアリング系に補助トルクを付加する電動機と、

前記ステアリング系の操舵トルクを検出して操舵トルク信号を出力する操舵トルク検出部と、

少なくとも前記操舵トルク信号に基づいて前記電動機に供給すべき目標電流を決定して目標電流信号を出力する目標電流決定部と、

前記電動機に流れる電流を検出して電動機電流信号を出力する電流検出部と、

前記目標電流信号と前記電動機電流信号との偏差を演算して偏差信号を出力する偏差演算部と、

前記偏差信号に基づいて前記電動機を駆動するための駆動制御信号を出力する電動機運転制御部と、

前記駆動制御信号に基づいて前記電動機を駆動する電動

2

機駆動部とからなる電動パワーステアリング装置において、

ハンドル操作が積極的になされたときに発生する前記偏差信号の出力値を第 1 しきい値として予め設定し、前記偏差信号が第 1 しきい値以上の状態が予め設定した許容時間以上継続したことを判定する第 1 判定部と、

前記第 1 判定部が前記状態を判定したときに、前記電動機に供給する電流を強制的に変化させて前記電動機を強制的に駆動し、電流検出部の検出出力を強制的に変化させるための強制駆動制御信号を出力する強制駆動制御部と、

前記強制駆動制御信号に基づいて前記電動機を強制的に駆動したにも拘わらず前記電動機電流信号に変化がない場合、-ならびに、その変化量が予め設定した強制駆動の異常判定変化量以内である場合は前記電流検出部が異常

10

であると判定する故障判定部とを有することを特徴とする電動パワーステアリング装置。

【請求項2】 ステアリング系に補助トルクを付加する電動機と、

前記ステアリング系の操舵トルクを検出して操舵トルク信号を出力する操舵トルク検出部と、

少なくとも前記操舵トルク信号に基づいて前記電動機に供給すべき目標電流を決定して目標電流信号を出力する目標電流決定部と、

前記電動機に流れる電流を検出して電動機電流信号を出力する電流検出部と、

前記目標電流信号と前記電動機電流信号との偏差を演算して偏差信号を出力する偏差演算部と、

前記偏差信号に基づいて前記電動機を駆動するための駆動制御信号を出力する電動機運転制御部と、

前記駆動制御信号に基づいて前記電動機を駆動する電動機駆動部とからなる電動パワーステアリング装置において、

ハンドル操作が積極的になされて前記電動機に供給される電流が比較的大きな値になるときの前記駆動制御信号のデューティ値を第2しきい値として予め設定し、前記駆動制御信号のデューティ値が第2しきい値以上のときに前記電動機電流信号の時間的変化量がデューティ値による異常判定変化量以内であることを判定する第2判定部と、

前記第2判定部が前記状態を判定したときに、前記電動機に供給する電流を強制的に変化させて前記電動機を強制的に駆動し、電流検出部の検出出力を強制的に変化させるための強制駆動制御信号を出力する強制駆動制御部と、

前記強制駆動制御信号に基づいて前記電動機を強制的に駆動したにも拘わらず前記電動機電流信号に変化がない場合、ならびに、その変化量が予め設定した強制駆動の異常判定変化量以内である場合は前記電流検出部が異常であると判定する故障判定部とを有することを特徴とする電動パワーステアリング装置。

【請求項3】 ステアリング系に補助トルクを付加する電動機と、

前記ステアリング系の操舵トルクを検出して操舵トルク信号を出力する操舵トルク検出部と、

少なくとも前記操舵トルク信号に基づいて前記電動機に供給すべき目標電流を決定して目標電流信号を出力する目標電流決定部と、

前記電動機に流れる電流を検出して電動機電流信号を出力する電流検出部と、

前記目標電流信号と前記電動機電流信号との偏差を演算して偏差信号を出力する偏差演算部と、

前記偏差信号に基づいて前記電動機を駆動するための駆動制御信号を出力する電動機運転制御部と、

前記駆動制御信号に基づいて前記電動機を駆動する電動

機駆動部とからなる電動パワーステアリング装置において、

ハンドル操作が積極的になされたときに発生する前記偏差信号の出力値を第1しきい値として予め設定し、前記偏差信号が第1しきい値以上の状態が予め設定した許容時間以上継続したことを判定する第1判定部と、

ハンドル操作が積極的になされて前記電動機に供給される電流が比較的大きな値になるときの前記駆動制御信号のデューティ値を第2しきい値として予め設定し、前記駆動制御信号のデューティ値が第2しきい値以上のときに前記電動機電流信号の時間的変化量がデューティ値による異常判定変化量以内であることを判定する第2判定部と、

前記第1判定部および前記第2判定部が共に前記状態を判定したときに、前記電動機に供給する電流を強制的に変化させて前記電動機を強制的に駆動し、電流検出部の検出出力を強制的に変化させるための強制駆動制御信号を出力する強制駆動制御部と、

前記強制駆動制御部が強制駆動制御信号を出力したにも拘わらず前記電流検出部の信号に変化がない場合、ならびに、その変化量が予め設定した強制駆動の異常判定変化量以内である場合は前記電流検出部が異常であると判定する故障判定部とを有することを特徴とする電動パワーステアリング装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】この発明は、電動機の動力をステアリング系に作用させて運転者の操舵力を軽減する電動パワーステアリング装置に係り、詳しくは、電動機に流れる電流を検出する電流検出部の動作異常を検出できるようにした電動パワーステアリング装置に関するものである。

【0002】

【従来の技術】図1は電動パワーステアリング装置の模式構造図である。電動パワーステアリング装置1は、ステアリング系に電動機10を備え、電動機10から供給する動力を制御装置20を用いて制御することによって、運転者の操舵力を軽減している。

【0003】ステアリング・ホイール（ハンドル）2に一体的に設けられたステアリング軸3は、自在撻ぎ手4a、4bを有する連結軸4を介してラック&ピニオン機構5のピニオン6へ連結される。ラック軸7はピニオン6と啮合するラック歯7aを備える。ラック&ピニオン機構5は、ピニオン6の回転をラック7の軸方向への往復運動へ変換する。ラック軸7の両端にタイロッド8を介して転動輪としての左右の前輪9が連結される。ハンドル2を操舵すると、ラック&ピニオン機構5ならびにタイロッド8を介して前輪9が揺動される。これにより車両の向きを変えることができる。

【0004】操舵力を軽減するために、アシストトルク

(操舵補助トルク)を供給する電動機10をラック軸7と同軸的に配置し、ラック軸7にはほぼ平行に設けられたボールねじ機構11を介して電動機10の回転出力を推力に変換して、ラック軸7に作用させている。電動機10のロータには、駆動側ヘリカルギア10aが一体的に設けられている。ボールねじ機構11のねじ軸11aの軸端に一体的に設けられてヘリカルギア11bと駆動側ヘリカルギア10aとを噛合させている。ボールねじ機構11のナット11cはラック軸7に連結されている。

【0005】ステアリングボックス(図示しない)に設けられた操舵トルク検出部(操舵トルクセンサ)12によってビニオン6に作用する手動操舵トルクTsを検出し、検出した操舵トルクTsに応じた操舵トルク信号Tpを制御装置20へ供給している。制御装置20は、操舵トルク信号Tpを主信号として電動機10の運転を行なって、電動機10の出力パワー(操舵補助トルク)を制御する。

【0006】図2は従来の制御装置のブロック構成図である。従来の制御装置20Aは、目標電流決定部21と、PWM信号生成部22と、電動機駆動部23とを備える。目標電流決定部21は、操舵トルク信号Tpに基づいて目標補助トルクを決定し、目標補助トルクを電動機10から供給するために必要となる目標電流信号ITを出力する。PWM信号生成部22は、目標電流信号ITに基づいて電動機10をPWM運転するためのPWM(パルス幅変調)信号を生成し、生成したPWM信号を駆動制御信号22aとして出力する。

【0007】電動機駆動部23は、ゲート駆動回路部24と、4個の電力用電界効果トランジスタをH型ブリッジ接続した電動機駆動回路25とを備える。ゲート駆動回路部24は、駆動制御信号(PWM信号)22aに基づいて各電界効果トランジスタのゲートを駆動して各電界効果トランジスタをスイッチング駆動する。これにより、制御装置20Aは、操舵トルク検出部12によって検出された操舵トルクTpに基づいてバッテリー電源BATから電動機10へ供給する電力をPWM制御し、電動機10の出力パワー(操舵補助トルク)を制御する。

【0008】図3は従来の他の制御装置のブロック構成図である。図3に示す制御装置20Bは、電動機10に実際に供給されている電動機電流IMを検出し、電動機電流IMに基づくフィードバック制御を行なうことで、電動機10の制御特性を向上させたものである。電動機電流フィードバック制御型の制御装置20Bは、図2に示した構成に対して、電動機10に流れている電流を検出して電動機電流信号IMを出力する電流検出部26と、目標電流信号ITと電動機電流信号IMとの偏差を求める偏差演算部27と、偏差演算部27から出力される偏差信号27aに基づいて電動機10を駆動するための駆動制御信号22aを出力する電動機運転制御部28とが追加されている。

【0009】電動機運転制御部28は、偏差信号27aに対して比例、積分、微分等の処理を施して偏差がゼロに近づくように電動機10に供給する電流を制御するための駆動電流信号29aを生成・出力する電流フィードバック(F/B)制御部29と、駆動電流信号29aに基づいて電動機10をPWM運転するためのPWM(パルス幅変調)信号を生成し、生成したPWM信号を電動機の駆動制御信号22aとして出力するPWM信号生成部22とを備える。

【0010】図3に示した電動機電流フィードバック制御型の制御装置20Bは、目標電流ITと実際に電動機10に供給されている電流IMと偏差がゼロに近づくように電動機10の運転を制御するので、制御精度ならびに応答性が向上する。

【0011】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、電動機電流フィードバック制御型の制御装置20Bは、電動機電流を検出する電流検出部26の動作に異常が発生し、例えば、その検出電流値がある一定の値(ゼロを含む)で変化しなくなったような場合、正常なフィードバック制御がなされなくなり、所望の操舵補助トルクを供給できなくなることがある。

【0012】図4は電流検出部の検出出力が一定値で変化しなくなったときの制御装置の動作を示す説明図である。図4(a)は目標電流ITならびに検出電流IMの時間的変化の一例を示すグラフである。図4(b)は図4(a)に示した目標電流ITと検出電流IMとの偏差27aに基づいて電動機運転制御部28から出力される駆動制御信号の時間的変化を示すグラフである。電流検出部26の検出出力がある電流値IMαで一定になった場合、電動機運転制御部28は目標電流ITと検出電流IMαとの偏差に基づいて駆動制御信号22aを生成・出力して、偏差がゼロに近づくように電動機10に供給する電流を変化させているにもかかわらず検出電流値は何ら変化しないため、偏差をなくす方向へさらに大きなレベルの駆動制御信号22aを出力することになる。

【0013】特開平8-91239号公報には、モータ電流検出回路の故障を検出することができる電動パワーステアリング装置の制御装置が記載されている。特開平8-91239号公報に記載されている電動パワーステアリング装置の制御装置は、イグニッションキーをONにした直後にモータ電流検出手段の故障を調べるものであり、モータの機械的時定数Tmよりも充分に小さく、モータの電氣的時定数Teよりも充分に大きい時間(Te<<T<Tm)だけモータに電圧Vを印加し、モータ端子間電圧値Vとモータ端子間抵抗Rから予測したモータ電流の予測値isと、モータの角速度ωが殆ど零、即ちモータが殆ど回転しない状態におけるモータ電流iとを比較してモータ電流検出手段が故障か否かを判定するものである。

【0014】特開平8-91239号公報に記載されている電動パワーステアリング装置の制御装置は、イグニッションキーをONにした直後にモータ電流検出手段（電動機電流検出部）の故障を調べるものであるため、それ以外の例えば車両走行中等にモータ電流検出手段の動作に異常が発生しても、その異常を検出することができない。また、モータ端子間電圧値Vとモータ端子間抵抗Rからモータ電流の予測値isを求める構成であるため、バッテリー電圧を検出する必要があり、そのためのバッテリー電圧検出器等が必要である。また、モータ端子間抵抗Rを予め登録等しておく必要がある。モータの品種等を変更した場合は、それに伴ってモータ端子間抵抗Rの変更登録が必要になることがある。

【0015】この発明はこのような課題を解決するためなされたもので、バッテリー電圧の検出やモータ端子間抵抗の登録等を行わなくても、さらに、車両の走行中等においても、電動機電流を検出する電流検出部の動作異常を検出できるようにした電動パワーステアリング装置を提供することを目的とする。

【0016】

【課題を解決するための手段】前記課題を解決するためのこの発明に係る電動パワーステアリング装置は、ステアリング系に補助トルクを付加する電動機と、ステアリング系の操舵トルクを検出して操舵トルク信号を出力する操舵トルク検出部と、少なくとも操舵トルク信号に基づいて電動機に供給すべき目標電流を決定して目標電流信号を出力する目標電流決定部と、電動機に流れる電流を検出して電動機電流信号を出力する電流検出部と、目標電流信号と電動機電流信号との偏差を演算して偏差信号を出力する偏差演算部と、偏差信号に基づいて電動機を駆動するための駆動制御信号を出力する電動機運転制御部と、駆動制御信号に基づいて電動機を駆動する電動機駆動部とからなる電動パワーステアリング装置において、ハンドル操作が積極的になされたときに発生する偏差信号の出力値を第1しきい値として予め設定し、偏差信号が第1しきい値以上の状態が予め設定した許容時間以上継続したことを判定する第1判定部と、第1判定部が前記状態を判定したときに、電動機に供給する電流を強制的に変化させて電動機を強制的に駆動し、電流検出部の検出力を強制的に変化させるための強制駆動制御信号を出力する強制駆動制御部と、強制駆動制御信号に基づいて電動機を強制的に駆動したにも拘わらず電動機電流信号に変化がない場合、ならびに、その変化量が予め設定した強制駆動の異常判定変化量以内である場合は電流検出部が異常であると判定する故障判定部とを有することを特徴とする。

【0017】また、この発明に係る電動パワーステアリング装置は、ハンドル操作が積極的になされて電動機に供給される電流が比較的大きな値になるときの駆動制御信号のデューティ値を第2しきい値として予め設定し、

駆動制御信号のデューティ値が第2しきい値以上のときに電動機電流信号の時間的変化量がデューティ値による異常判定変化量以内であることを判定する第2判定部と、第2判定部が前記状態を判定したときに、電動機に供給する電流を強制的に変化させて電動機を強制的に駆動し、電流検出部の検出力を強制的に変化させるための強制駆動制御信号を出力する強制駆動制御部と、強制駆動制御信号に基づいて電動機を強制的に駆動したにも拘わらず電動機電流信号に変化がない場合、ならびに、その変化量が予め設定した強制駆動の異常判定変化量以内である場合は電流検出部が異常であると判定する故障判定部とを有することを特徴とする。

【0018】さらに、この発明に係る電動パワーステアリング装置は、ハンドル操作が積極的になされたときに発生する偏差信号の出力値を第1しきい値として予め設定し、偏差信号が第1しきい値以上の状態が予め設定した許容時間以上継続したことを判定する第1判定部と、ハンドル操作が積極的になされて電動機に供給される電流が比較的大きな値になるときの駆動制御信号のデューティ値を第2しきい値として予め設定し、駆動制御信号のデューティ値が第2しきい値以上のときに電動機電流信号の時間的変化量がデューティ値による異常判定変化量以内であることを判定する第2判定部と、第1判定部および第2判定部が共に前記状態を判定したときに、電動機に供給する電流を強制的に変化させて電動機を強制的に駆動し、電流検出部の検出力を強制的に変化させるための強制駆動制御信号を出力する強制駆動制御部と、強制駆動制御部が強制駆動制御信号を出力したにも拘わらず電流検出部の信号に変化がない場合、ならびに、その変化量が予め設定した強制駆動の異常判定変化量以内である場合は電流検出部が異常であると判定する故障判定部とを有することを特徴とする。

【0019】この発明に係る電動パワーステアリング装置では、走行中等に電流検出部に障害が発生した場合でも、電流検出部の異常を検出することができる。さらに、大きな手動操舵トルクが継続的に作用されているために第1判定が成立した場合でも、電動機を強制駆動した結果で電流検出部の異常判定を行なうので、電流検出部の故障を誤判定することがない。

【0020】また、急激なハンドル操作に伴って電動機が高速で回転され、その高速回転による逆起電力によって電動機電流の変化を抑圧されて電動機電流信号の時間的変化量が小さくなっている場合でも、駆動制御信号のデューティ値が第2しきい値以上のときに、デューティ値による異常判定変化量以内の電動機電流信号の時間的変化量を第2判定部で監視するとともに、第2判定が成立した場合でも、電動機を強制駆動した結果で電流検出部の異常判定を行なうので、電流検出部の故障を誤判定することがない。

【0021】さらに、第1判定部ならびに第2判定部が

共に判定信号を出力した際に、電動機を強制駆動し、その結果に基づいて電流検出部の異常判定を行なうので、大きな手動操舵トルクで急激なハンドル操作が継続するような場合でも、電流検出部の故障を誤判定することがない。

【0022】

【発明の実施の形態】以下この発明の実施の形態を添付図面に基いて説明する。電動パワーステアリング装置の構造は、図1に示したものと基本的に同じであり、その構造ならびに動作については前述した通りである。

【0023】図5はこの発明に係る電動パワーステアリング装置の制御装置のブロック構成図である。図5に示す制御装置（第1実施例）20Cは、図3に示した従来の他の制御装置20Bに対して、第1判定部31と、強制駆動制御部32と、故障判定部33と、表示装置34とを追加したものである。電動機運転制御部35は、電流フィードバック（F/B）制御部29とPWM信号生成部36との間に駆動電流信号切替部37を設けている。

偏差演算部27の出力である偏差信号27aを電流フィードバック（F/B）制御部29へ供給するとともに、偏差信号27aを第1判定部31へ供給している。

【0024】図6は第1判定部の一具体例を示すブロック構成図である。第1判定部31は、絶対値回路41と、第1しきい値設定回路42と、比較回路43と、タイマ回路44とを備える。絶対値回路41は、偏差信号27aの絶対値を求めて絶対値信号41aを出力する。絶対値回路41は、偏差信号27aの極性が正極性の場合は偏差信号27aをそのまま出力し、偏差信号27aの極性が負極性の場合は偏差信号27aの極性を反転した信号を出力するよう構成している。絶対値信号41aは、比較回路43の比較入力端子（+）へ供給される。

【0025】第1しきい値回路42は、予め設定した第1しきい値信号42aを出力する。第1しきい値は、ハンドル操作が積極的になされたときに発生する偏差出力値を参考に設定している。言い換えれば、ハンドルを軽く抑えている状態や操舵方向を少しずつ調節するハンドル操作状態での偏差出力値よりは大きな値に設定している。第1しきい値信号42aは、比較回路43の基準入力端子（-）へ供給される。

【0026】比較回路43は、偏差信号27aが第1しきい値信号42aよりも大きい場合に比較出力信号43aを出力する。比較出力信号43aはタイマ回路44へ供給される。タイマ回路44は、比較出力信号43aが供給されると比較出力信号43aの継続時間を計時し、計時時間が予め設定した許容時間に達すると、第1判定信号31aを出力する。許容時間は、偏差信号27aに基づいて電動機10へ供給される電流がフィードバック制御されて偏差が第1しきい値以下になるまでの応答時間等を考慮して設定している。すなわち、許容時間を長くすると、それだけ電流検出部の故障の検出タイミング

が遅れることになり、逆に許容時間を短くすると、電流検出部が正常であっても後述する強制駆動信号が頻繁に発生することになって不都合を生じる。この許容時間としては、例えば50ミリ秒～100ミリ秒程度の時間を設定している。

【0027】図7は偏差出力ならびに第1判定部の動作を示す説明図である。図7（a）は目標電流（IT）の変化特性と検出電流（電流検出部26の出力である電動機電流IM）の変化特性を示している。電流検出部26が正常に動作していれば、目標電流（IT）に変化に応じて電動機10に供給される電流が変化するため、その検出電流が変化する。電流検出部26が故障の場合、図7（a）で仮想線で示すように、検出電流は一定値のままで変化しない。

【0028】図7（b）は偏差出力の変化特性を示している。目標電流と検出電流が図7（a）に示したように変化した場合、目標電流と検出電流との偏差（偏差信号27a）は、図7（b）に実線で示したように変化する。電流検出部26が故障して検出電流が一定値のままで変化しない場合は、図7（b）で仮想線で示すように、目標電流の変化がそのまま偏差出力となる。偏差出力が負極性の場合、第1判定部31内の絶対値回路42の出力である絶対値信号42aは、図7（b）で点線で示す正極性の信号へ変換される。

【0029】第1判定部31は、偏差出力（正確には絶対値回路42の出力である絶対値信号42a）が第1しきい値を越えている状態の継続時間が許容時間継続した時点で第1判定信号31aを出力する。電流検出部26が正常に動作していれば、電動機電流の変化に対応した検出電流を出力するので、偏差出力が第1しきい値を越えている状態が長時間継続することはない。電流検出部26が故障した場合は、正常な電流フィードバック制御ができなくなるため、偏差出力が第1しきい値を越えた状態が許容時間以上継続することになる。この場合、第1判定部31は第1判定信号31aを出力する。

【0030】図5に示すように、第1判定部31から出力された第1判定信号31aは強制駆動制御部32へ供給される。強制駆動制御部32は、第1判定信号31aが供給されると、予め設定した強制駆動期間に亘って強制駆動状態にあることを示す強制駆動期間信号32aを出力するとともに、強制駆動制御信号32bを出力する。強制駆動期間信号32aは、駆動電流信号切替部37の切替制御入力端子37a、ならびに、故障判定部33へ供給される。

【0031】駆動電流信号切替部37は、強制駆動期間信号32aが供給されていないときは電流フィードバック（F/B）制御部29から出力される駆動電流信号29aを選択してPWM信号生成部36へ供給する。駆動電流信号切替部37は、強制駆動期間信号32aが供給されている間は、強制駆動制御部32から出力される強

制駆動制御信号32bをPWM信号生成部36へ供給する。

【0032】故障判定部33は、強制駆動期間信号32aが供給されると、電流検出部26の検出出力である電動機電流信号IMを監視する。故障判定部33は、強制駆動期間内において電動機電流信号IMが変化しない場合、ならびに、その変化量が予め設定した異常判定変化量以内である場合は、電流検出部26が正常に動作していないものと判定し、電流フィードバック制御停止指令信号33aを出力するとともに、電流検出異常表示指令信号33bを出力する。電流フィードバック制御停止指令信号33aは、PWM信号生成部36のPWM信号生成停止入力端子36aへ供給される。電流検出異常表示指令信号33bは、表示装置34へ供給される。

【0033】PWM信号生成部36は、電流フィードバック制御停止指令信号33aが供給された場合は、駆動制御信号(PWM信号)22aの生成ならびに出力を停止する。表示装置34は、電流検出動作が異常であることを可視表示するための表示器、または、電流検出動作が異常であることを可聴表示するための表示器を備える。表示装置34は、電流検出異常表示指令信号33bが供給された場合、電流検出動作が異常であることを可視または可聴表示する。

【0034】図8は強制駆動制御信号の具体例を示す波形図である。強制駆動制御信号32bは、電動機10に供給する電流を強制的に変化させ、その結果として電流検出部26の検出出力を強制的に変化させるためのものである。したがって、強制駆動制御信号32bの信号波形は、図8(a)～(c)に示すように、パルス波形、三角波形、正弦波形等の任意の波形であってよい。強制駆動制御信号32bの振幅は、故障判定部33において検出電流の変化量が小さいために電流検出部26が故障であると判定する異常判定変化量を考慮して、電動機電流が異常判定変化量よりも充分大きく変化するように設定している。強制駆動制御信号32bの振幅は、電動機10の定格電流またはその定格電流の数分の1程度の比較的大きな電流を電動機10に供給するように設定してもよい。

【0035】なお、図8(a)～(c)では、強制駆動制御信号32bの極性を正負の両方向に変化させて、電動機10に供給する電流の方向を変化させる例を示したが、強制駆動制御信号32bはいずれか一方の極性の範囲内でその振幅を変化させるようにしてもよい。なお、強制駆動制御信号32bの極性を正負の両方向に変化させた場合は、電動機10に供給する電流の向き毎に電流検出部26の動作が正常であるか否かをチェックすることができる。

【0036】強制駆動制御信号32bに基づいて電動機10に供給する電流を強制的に変化させる強制駆動期間は、強制駆動制御信号32bによって電動機10の電流

が変化するのに十分な時間であって、かつ、その電動機電流の変化によって操舵補助トルクが大きく変化しない範囲に設定している。例えば、強制駆動期間として数ミリ秒～数10ミリ秒程度を設定している。なお、強制駆動制御信号32bを出力している期間と強制駆動期間信号32aを出力している期間とを完全に一致させる必要はなく、強制駆動期間信号32aを先ず出力し、強制駆動制御信号32bの出力が停止した後に強制駆動期間信号32aの出力を停止させるようにしてもよい。

【0037】図9は図5に示した制御装置における電流検出部の故障検出動作を示すフローチャートである。第1判定部31は、偏差信号27aに基づいて目標電流ITと電動機電流IMとの電流偏差が第1しきい値を越えている状態の継続時間を計時し、その継続時間が許容時間に達すると第1判定信号31aを出力する(ステップS1)。

【0038】強制駆動制御部32は、第1判定信号31aが供給されると、強制駆動期間信号32aを出力して駆動電流信号切替部37を図5に示した点線側へ切り替えさせるとともに、強制駆動制御信号32bを生成・出力して、PWM信号生成部36へ供給する。これにより、強制駆動制御信号32bに基づく駆動制御信号(PWM信号)22aが電動機駆動部23へ供給され、電動機10に供給する電流を強制的に変化させる(ステップS2)。

【0039】故障判定部33は、強制駆動期間信号32aに基づいてその強制駆動期間内において、電流検出部26の出力である電動機電流信号IMの変化を監視し、変化がない場合、ならびに、変化量が小さく異常判定変化量の範囲内にある場合は、電流検出部26が故障しているものと判定し、電流フィードバック制御停止指令信号33a、ならびに、電流検出異常表示指令信号33bを出力する(ステップS3)。

【0040】PWM信号生成部36は、電流フィードバック制御停止指令信号33aに基づいて駆動制御信号(PWM信号)22aの生成・出力を停止する(ステップS4)。これにより、操舵補助トルクの供給が停止され、手動操舵トルクのみによる操舵状態になる。表示装置34は、電流検出異常表示指令信号33bに基づいて電流検出部26の動作が異常であることを表示する(ステップS4)。

【0041】図10は図5に示した制御装置の変形例を示すブロック構成図である。図10に示す制御装置(第1実施例の変形例)20Dは、電流フィードバック(F/B)制御部29の出力である駆動電流信号29aに基づいて前述の第1の判定を行なうようにしたものである。第1判定部31Aは、駆動電流信号29aが予め設定した駆動電流しきい値を越えている状態が予め設定した許容時間継続した場合に、第1判定信号31aを出力

する。言い換えれば、第1判定部31Aは、電動機10に比較的大きな電流供給を要求する状態が比較的長時間継続したときに、第1判定信号31aを出力するよう構成している。

【0042】電動機運転制御部35Aは、駆動電流信号29aと強制駆動制御信号32bとを加算し、加算結果をPWM信号生成部36へ供給する加算部38を備える。第1判定信号31aに基づいて強制駆動制御部32から強制駆動制御信号32bが供給された場合は、電流フィードバック制御部29から出力される駆動電流信号29aに強制駆動制御信号32bを加算(重畳)することで、電動機10に供給する電流を強制的に変化させる。

【0043】故障判定部33Aは、電流検出部26の動作が異常であると判定すると、電動機10への通電を遮断する遮断指令信号33cを出力して、電動機10にバッテリー電源BATから電流を供給する電流供給経路内に介設した遮断装置39を遮断させて、電動機10への通電を遮断させる。遮断装置39は、リレーや半導体スイッチング素子を用いて構成されたソリッドステートリレー等で構成している。

【0044】図11は図5に示した制御装置の他の変形例を示すブロック構成図である。図11に示す制御装置(第1実施例の第2変形例)20Eは、電動機運転制御部35B内に制御モード切替部40を設け、電流フィードバック制御モードと電流フィードバック制御を行わずに目標電流信号ITのみに基づいて電動機10の運転を制御する目標電流制御モードとを切り替えるようにしたものである。

【0045】故障判定部33Bは、電流検出部26の故障を判定すると、目標電流制御モードへの切り替えを要求する制御モード切替指令信号33cを出力して、目標電流決定部21から出力される目標電流信号ITをPWM信号生成部36Aへ供給される制御モード切替部40を切り替えさせる。また、故障判定部33Bは、制御モード切替指令信号33cをPWM信号生成部36AのPWM信号生成モード変更入力端子36bへ供給して、目標電流ITに基づく駆動制御信号(PWM信号)22aの生成モードへ変更させる。これにより、電流検出部26の動作が異常である場合は、電流フィードバック制御を停止して、目標電流信号ITに基づく操舵補助トルクの供給を制御することができる。

【0046】なお、第1判定部31は、PWM信号生成部36Aから出力される駆動制御信号(PWM信号)22aのデューティを監視し、予め設定したデューティを越える状態が許容時間継続した場合に、第1判定信号31aを出力する構成としてもよい。強制駆動信号制御部32は、電動機10を強制駆動するための強制駆動制御信号(PWM信号)を生成・出力し、PWM信号生成部36Aの出力に替えて強制駆動制御信号(PWM信号)

を電動機駆動部23へ供給して、電動機10に供給する電流を強制的に変化させる構成としてもよい。

【0047】図12はこの発明に係る電動パワーステアリング装置の他の制御装置のブロック構成図である。図12に示す制御装置(第2実施例)20Fは、図5に示した制御装置20Cの第1判定部31の替わりに第2判定部51を備える。この第2判定部51は、電動機運転制御部35の出力である駆動制御信号(PWM信号)22aを常時監視しており、駆動制御信号(PWM信号)22aが予め設定した第2しきい値を越えているときに、電流検出部26の出力である電動機電流信号IMの変化量を監視し、検出電流の変化量が予め設定した異常判定変化幅以内である場合は、電流検出部26の動作が異常である可能性があるものと判定して、第2判定信号51aを出力する。

【0048】図13は第2判定部の一具体例を示すブロック構成図である。第2判定部51は、パルス幅測定部52と、第2しきい値設定部53と、運転状態判定部54と、電流変化量検出部55と、電流変化異常判定部56と、異常判定変化量設定部57とを備える。

【0049】パルス幅測定部52は、駆動制御信号(PWM信号)22aのHレベルの時間とLレベルの時間を測定し、それらの計時結果に基づいて駆動制御信号(PWM信号)22aのデューティ(Hレベルの時間/(Hレベルの時間+Lレベルの時間))を演算し、演算結果を検出デューティ値52aとして出力する。パルス幅測定部52は、Hレベルの時間またはLレベルの時間を測定し、その測定結果を出力するようにしてもよい。

【0050】第2しきい値設定部53は、電動機10に供給される電流が比較的大きな値になるデューティ値を運転状態判定しきい値53aとして運転状態判定部54へ供給する。なお、パルス幅測定部52がHレベルの時間を出力する構成の場合、第2しきい値設定部53は、予め設定したHレベルの時間を第2しきい値(運転状態判定しきい値)53aとして出力する。また、パルス幅測定部52がLレベルの時間を出力する構成の場合、第2しきい値設定部53は、予め設定したLレベルの時間を運転状態判定しきい値53aとして出力する。

【0051】運転状態判定部54は、検出デューティ値52aと第2しきい値(運転状態判定しきい値)53aとの大小関係と比較し、検出デューティ値52aが第2しきい値(運転状態判定しきい値)53aよりも大きい場合は、電動機10に比較的大きな電流が供給されて電動機10から比較的大きな操舵補助トルクを発生させている状態であると判断し、電動機運転状態検出信号54aを出力する。

【0052】電流変化量検出部55は、電動機運転状態検出信号54aが供給されている間は、電動機電流(検出電流)IMの所定時間当りの変化量(例えば数ミリ秒毎の変化量)を求め、求めた電流変化量の絶対値を電流

変化量 ΔI_M として出力する。

【0053】電流変化異常判定部56は、電流変化量検出部55で検出した電流変化量 ΔI_M と異常判定変化量設定部57から供給される異常判定変化量57aとの大小関係を比較し、電流変化量 ΔI_M が異常判定変化量57a以内である場合は、第2判定信号51aを出力する。なお、電流変化異常判定部56は、電流変化量 ΔI_M が異常判定変化量57a以内である状態が予め設定した監視時間に亘って継続した場合に、第2判定信号51aを出力する構成としてもよい。

【0054】異常判定変化量設定部57は、電動機10に比較的大きな電流を供給している状態における電動機電流の所定時間当りの変化量を考慮して、最低限発生する電流変化量を異常判定変化量57aとして設定している。言い換えれば、電流検出部26が正常に動作していれば、その検出出力である電動機電流（検出電流） I_M の所定時間当りの変化量 ΔI_M は、異常判定変化量57aを越えるように異常判定変化量57aを設定している。

【0055】図14は第2判定部の動作を示す説明図である。図14(a)は駆動制御信号22aの大きさ（デューティ）を示している。図14(b)は電流検出部26の検出出力である検出電流（電動機電流 I_M ）を示す。駆動制御信号22aが第2しきい値を越えている期間が電流変化量監視期間となる。この電流変化量監視期間内において、単位時間当りの電流変化量 ΔI_M が異常判定変化量よりも小さい場合は、第2判定信号51aが出力される。例えば、図14(b)で仮想線で示すように、電流検出部26が故障等によってその出力が一定値のまま変化しない場合、電流変化量監視期間においてその電流変化量 ΔI_M の検出がなされても、変化量 ΔI_M はゼロであって異常判定変化量以内であるから、第2判定部51は第2判定信号51aを出力する。

【0056】図15は図12に示した制御装置における電流検出部の故障検出動作を示すフローチャートである。第2判定部51は、駆動制御信号（PWM信号）22aが第2しきい値を越えており、その時に検出電流が変化しない場合、ならびに、検出電流の変化量が異常判定変化量よりも小さい場合には、第2判定信号51aを出力する。（ステップS11）。

【0057】強制駆動制御部32は、第2判定信号31aが供給されると、強制駆動期間信号32aを出力して駆動電流信号切替部37を図12に示した点線側へ切り替えさせるとともに、強制駆動制御信号32bを生成・出力して、PWM信号生成部36へ供給する。これにより、強制駆動制御信号32bに基づく駆動制御信号（PWM信号）22aを電動機駆動部23へ供給させ、電動機10に供給する電流を強制的に変化させる（ステップS12）。

【0058】故障判定部33は、強制駆動期間信号32

aに基づいてその強制駆動期間内において、電流検出部26の出力である電動機電流信号 I_M の変化を監視し、変化がない場合、ならびに、変化量が小さく異常判定変化量の範囲内にある場合は、電流検出部26が故障しているものと判定し、電流フィードバック制御停止指令信号33a、ならびに、電流検出異常表示指令信号33bを出力する（ステップS13）。

【0059】PWM信号生成部36は、電流フィードバック制御停止指令信号33aに基づいて駆動制御信号（PWM信号）22aの生成・出力を停止する（ステップS4）。これにより、操舵補助トルクの供給が停止され、手動操舵トルクのみによる操舵状態になる。表示装置34は、電流検出異常表示指令信号33bに基づいて電流検出部26の動作が異常であることを表示する（ステップS14）。

【0060】図16は図12に示した制御装置の変形例を示すブロック構成図である。図16に示す制御装置（第2実施例の変形例）20Gは、偏差信号27aに基づいて電動機10の所定の電流が供給されている状態を検出し、その時の電流検出部26の出力である検出電流の変化量を監視し、変化がない場合、または、変化量が所定値以内である場合に第2判定信号51aを出力する第2判定部51Aを設けたものである。

【0061】図17はこの発明に係る電動パワーステアリング装置のさらに他の制御装置のブロック構成図である。図17に示す制御装置（第3実施例）20Hは、第1判定部31と第2判定部51とを備える。

【0062】第1判定部31は、偏差出力（正確には絶対値回路42の出力である絶対値信号42a）が第1しきい値を越えている状態の継続時間が許容時間達すると、電流検出部26の動作が異常である可能性があるものと判定して、第1判定信号31aを出力する。

【0063】第2判定部51は、電動機運転制御部35の出力である駆動制御信号（PWM信号）22aを常時監視しており、駆動制御信号（PWM信号）22aが予め設定した第2しきい値を越えているときに、電流検出部26の出力である電動機電流信号 I_M の変化量を監視し、検出電流の変化量が予め設定した異常判定変化幅以内である場合は、電流検出部26の動作が異常である可能性があるものと判定して、第2判定信号51aを出力する。

【0064】強制駆動制御部61は、第1判定信号31aと第2判定信号51aとが共に供給された場合に、強制駆動期間信号32aを出力して駆動電流信号切替部37を図17に示した点線側へ切り替えさせるとともに、強制駆動制御信号32bを生成・出力して、PWM信号生成部36へ供給する。これにより、強制駆動制御信号32bに基づく駆動制御信号（PWM信号）22aを電動機駆動部23へ供給させ、電動機10に供給する電流を強制的に変化させる。

【0065】故障判定部33は、強制駆動期間信号32aに基づいてその強制駆動期間内において、電流検出部26の出力である電動機電流信号IMの変化を監視し、変化がない場合、ならびに、変化量が小さく異常判定変化量の範囲内にある場合は、電流検出部26が故障しているものと判定し、電流フィードバック制御停止指令信号33a、ならびに、電流検出異常表示指令信号33bを出力する。

【0066】図18は図17に示した制御装置における電流検出部の故障検出動作を示すフローチャートである。ステップS21で偏差が一定時間しきい値を越えていることが検出され、かつ、ステップS22で駆動制御信号がしきい値を越えその時に検出電流が変化しないかその変化量が異常と判定する程度に小さいことが検出されると、ステップS23で電動機へ供給する電流を強制的に変化させ、ステップS24で電流検出部26の出力（検出電流）を監視して検出電流が変化しないかその変化量が動作異常と判定できる程度に小さい場合は、ステップS25で電流検出部26の異常に対処するためのフェールセーフ処理がなされる。なお、ステップS21と

ステップS22はその処理順序が逆であってもよい。
【0067】なお、強制駆動制御部61は、第1判定信号31aと第2判定信号51aが同時に供給されなくても、何れか一方の判定信号が供給された時点から予め設定した時間以内に他方の判定信号が供給された場合は、強制駆動制御信号32bに基づく電動機の強制駆動を行なうようにしてもよい。さらに、強制駆動制御部61は、第1判定信号31aまたは第2判定信号51aのいずれか一方の判定信号が供給されたら、強制駆動制御信号32bに基づく電動機の強制駆動を行なうようにしてもよい。

【0068】図19は図17に示した制御装置において第1判定部または第2判定部のいずれかの判定信号に基づいて電流検出部の故障検出を行なう場合のフローチャートである。ステップS31で、第1判定部31によって偏差が一定時間しきい値を越えていることが検出されると、ステップS33で電動機10の強制駆動がなされる。ステップS32で、第2判定部51によって駆動制御信号がしきい値を越えその時に検出電流が変化しないかその変化量が異常と判定する程度に小さいことが検出されると、ステップS33で電動機10の強制駆動がなされる。電動機10を強制駆動したにも拘わらず検出電流が変化しない場合または変化量が動作異常と判定できる程度に小さい場合は（ステップS34）、ステップS35で電流検出部26の異常に対処するためのフェールセーフ処理がなされる。

【0069】なお、各実施例で示した制御装置20C～20Fがマイクロコンピュータシステムを利用して、目標電流決定部21、偏差演算部27、電動機運転制御部35、35A、35Bを構成している場合、第1判定部

31、31A、第2判定部51、強制駆動制御部32、61、故障判定部33、33A、33Bはマイクロプログラム制御によって構成するのが望ましい。このような構成にすることで、制御装置20C～20Fのハード構成を何ら変更することなく、電流検出部26の動作異常を検出してフェールセーフ処理を行なうことができる。

【0070】電動機10に供給する電流を強制的に変化させ、その電流変化に対する電流検出出力の応答特性を監視することで、電流検出部26の動作異常を検出しているので、例えば電流検出部26を構成する電流検出抵抗の短絡障害やホール素子等を備えた電流プローブの断線障害だけでなく、電流検出器本体の検出信号を増幅する増幅回路の動作異常によって一定の出力電圧でクランプされる等の動作不良等を含めて、電流検出部26の動作異常を検出することができる。

【0071】

【発明の効果】以上説明したようにこの発明に係る電動パワーステアリング装置は、第1しきい値以上の偏差信号、電動機電流信号の変化の有無、強制駆動の異常判定変化量以内の変化量から電流検出部の異常判定を行なうので、走行中等に大きな手動操舵トルクが継続的に作用されても、電流検出部の故障を誤判定することがない。また、第2しきい値以上のデューティ値、電動機電流信号の変化の有無、強制駆動の異常判定変化量以内の電動機電流信号の時間的変化量から電流検出部の異常判定を行なうので、急激なハンドル操作に伴って電動機が高速で回転されても誤判定することがない。さらに、第1判定部ならびに第2判定部で電流検出部の異常判定を行なうので、大きな手動操舵トルクで急激なハンドル操作が継続されても誤判定することがない。

【図面の簡単な説明】

【図1】電動パワーステアリング装置の模式構造図である。

【図2】従来の制御装置のブロック構成図である。

【図3】従来の他の制御装置のブロック構成図である。

【図4】電流検出部の検出出力が一定値で変化しなくなったときの制御装置の動作を示す説明図である。

【図5】この発明に係る電動パワーステアリング装置の制御装置のブロック構成図である。

【図6】第1判定部の一具体例を示すブロック構成図である。

【図7】偏差出力ならびに第1判定部の動作を示す説明図である。

【図8】強制駆動制御信号の具体例を示す波形図である。

【図9】図5に示した制御装置における電流検出部の故障検出動作を示すフローチャートである。

【図10】図5に示した制御装置の変形例を示すブロック構成図である。

【図11】図5に示した制御装置の他の変形例を示すブ

19

20

ロック構成図である。

【図12】この発明に係る電動パワーステアリング装置の他の制御装置のブロック構成図である。

【図13】第2判定部の一具体例を示すブロック構成図である。

【図14】第2判定部の動作を示す説明図である。

【図15】図12に示した制御装置における電流検出部の故障検出動作を示すフローチャートである。

【図16】図12に示した制御装置の変形例を示すブロック構成図である。

【図17】この発明に係る電動パワーステアリング装置のさらに他の制御装置のブロック構成図である。

【図18】図17に示した制御装置における電流検出部の故障検出動作を示すフローチャートである。

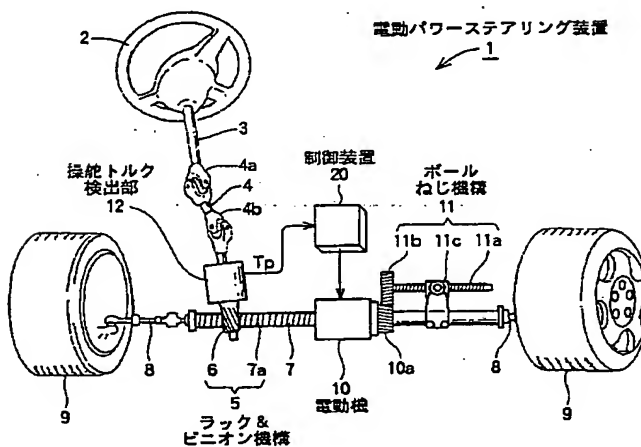
*

*【図19】図17に示した制御装置において第1判定部または第2判定部のいずれかの判定信号に基づいて電流検出部の故障検出を行なう場合のフローチャートである。

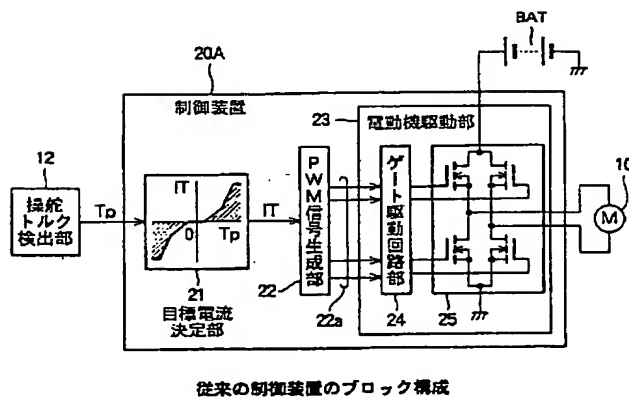
【符号の説明】

1…電動パワーステアリング装置、10…電動機、20、20A…制御装置、21…目標電流決定部、22…PWM信号生成部、23…電動機駆動部、26…電流検出部、27…偏差演算部、29…電流フィードバック制御部、31、31A…第1判定部、32、61…強制駆動制御部、33、33A、33B…故障判定部、35、35A、35B…電動機運転制御部、51…第2判定部。

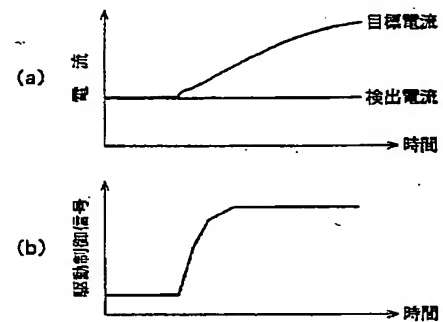
【図1】



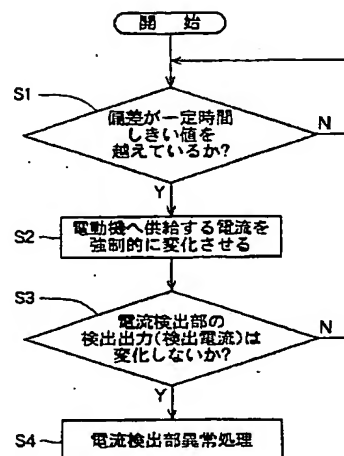
【図2】



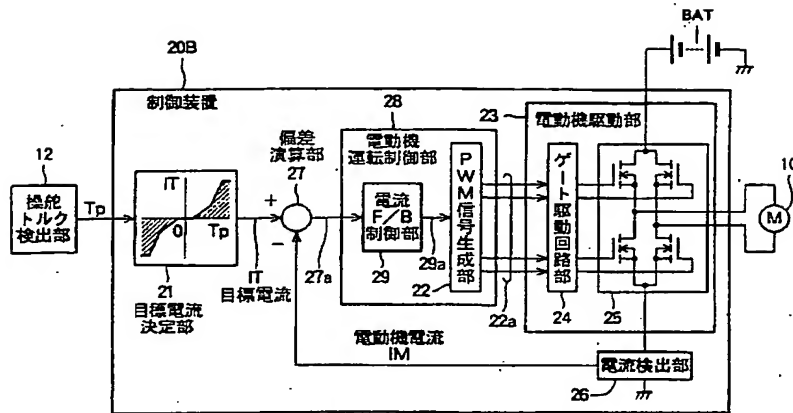
【図4】



【図9】

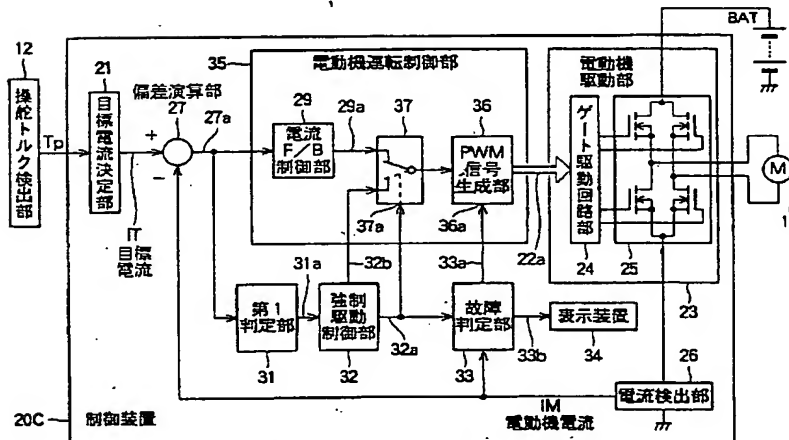


【図3】



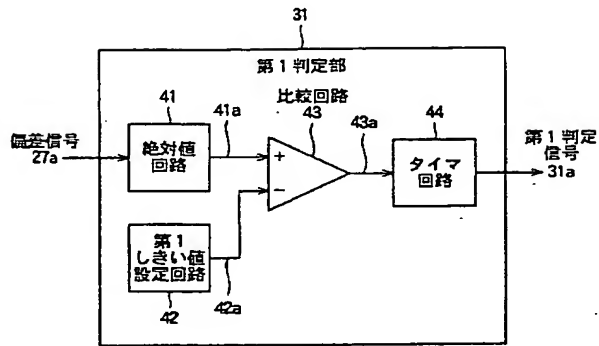
従来の他の制御装置のブロック構成

【図5】

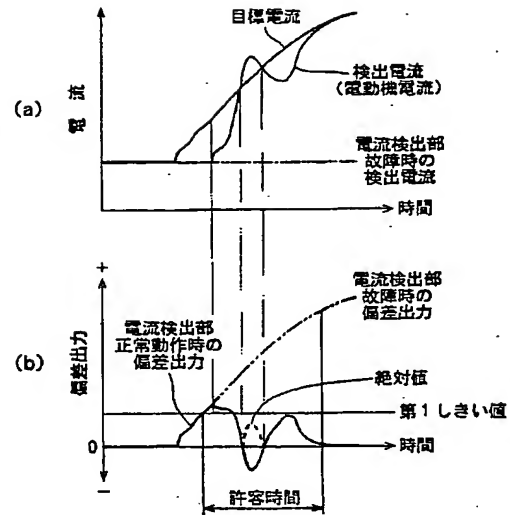


制御装置のブロック構成(第1実施例)

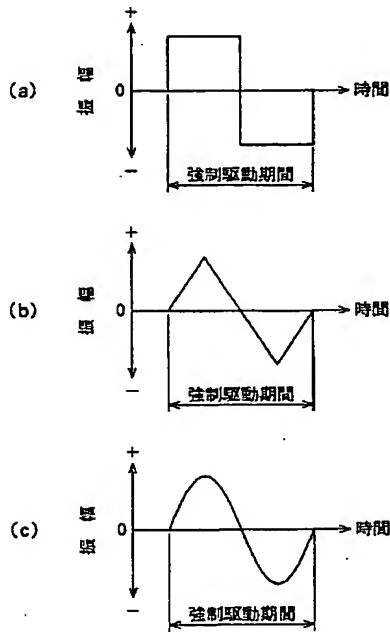
【図6】



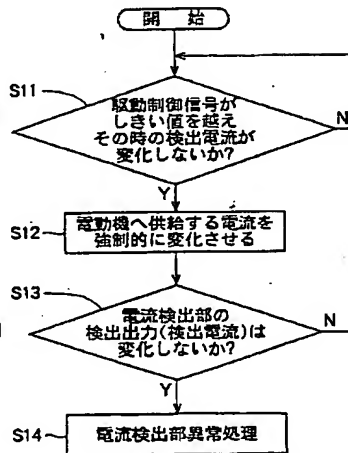
【図7】



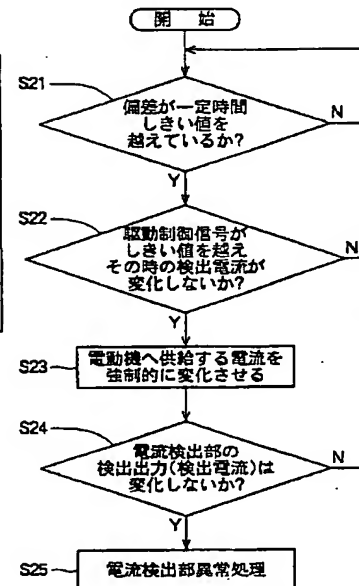
【図8】



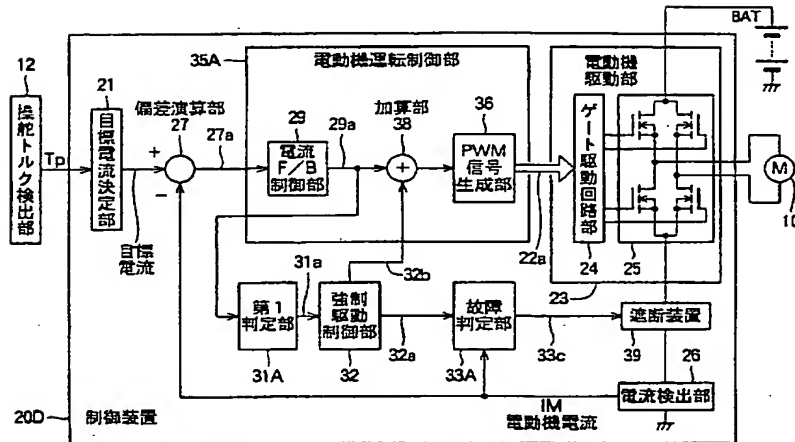
【図15】



【図18】

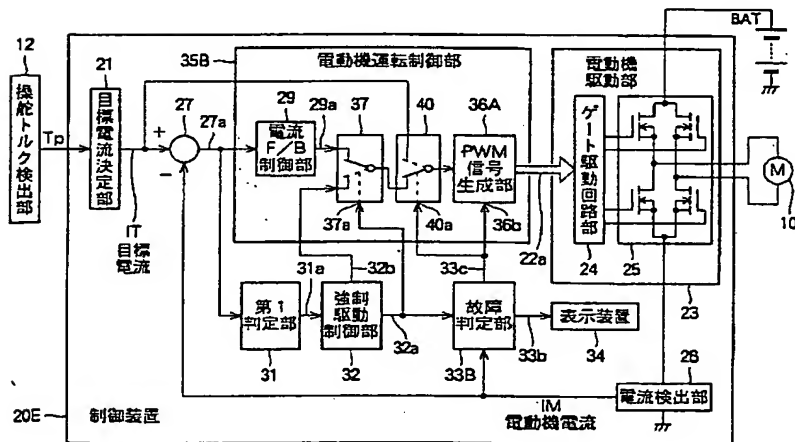


【図10】



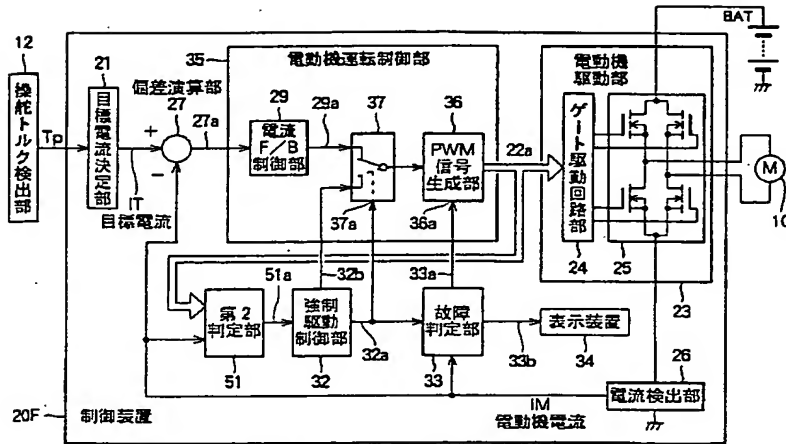
制御装置のブロック構成(第1実施例の第1変形例)

【図11】



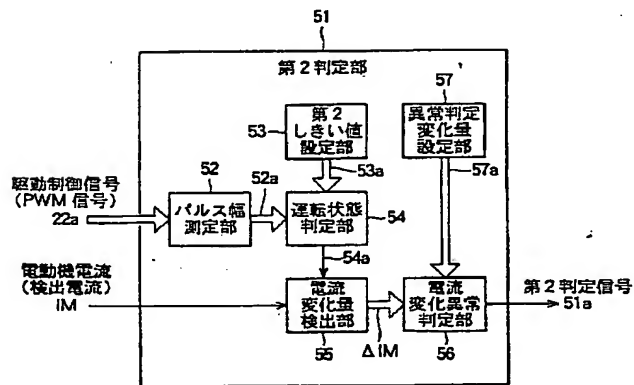
制御装置のブロック構成(第1実施例の第2変形例)

【図12】

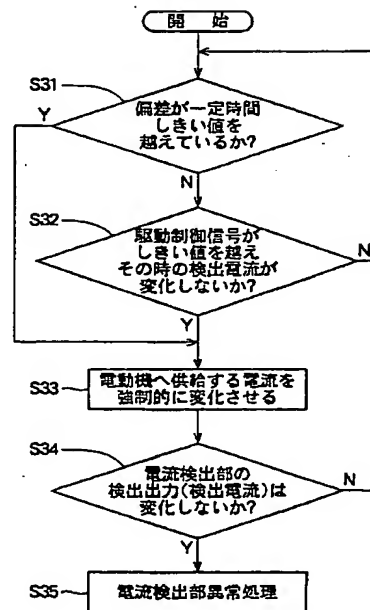


制御装置のブロック構成(第2実施例)

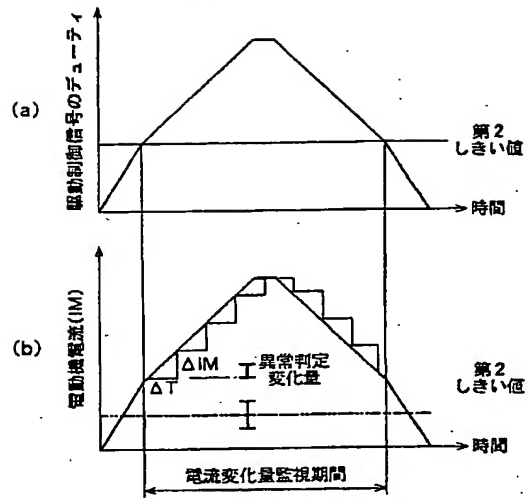
【図13】



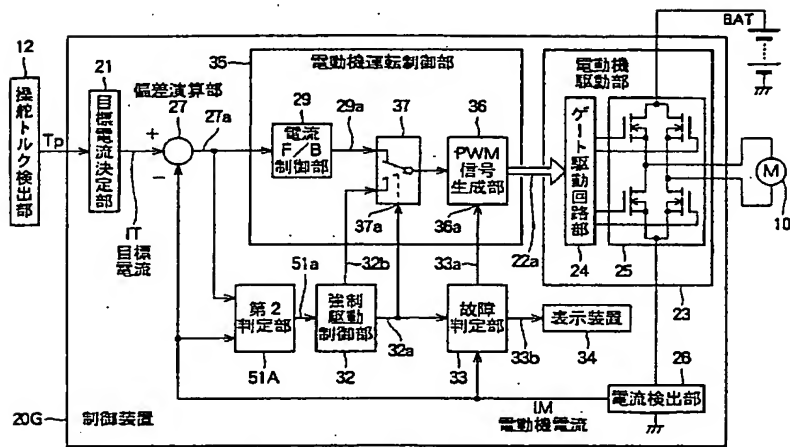
【図19】



【図14】

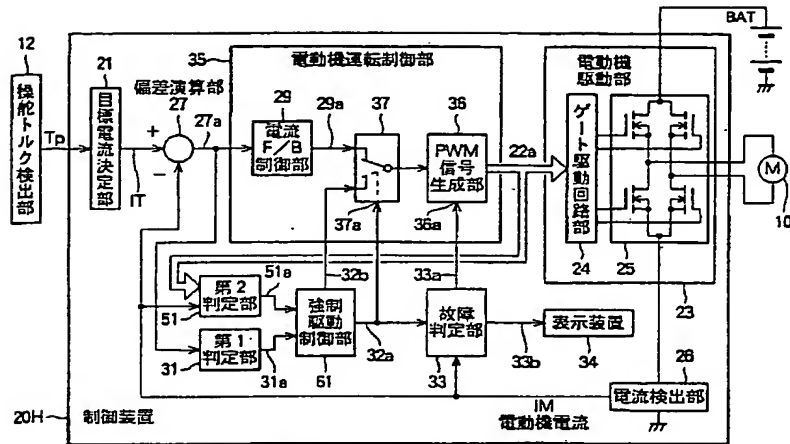


【図16】



制御装置のブロック構成(第2実施例の変形例)

【図17】



制御装置のブロック構成(第3実施例)

フロントページの続き

(56)参考文献 特開 平7-329803 (J P, A)
 特開 平8-91239 (J P, A)
 特開 平10-167086 (J P, A)
 特開 平3-213464 (J P, A)
 特開 平2-290778 (J P, A)

(58)調査した分野(Int.Cl.⁷, D B名)
 B62D 5/04
 B62D 6/00